

# アルカリ減量加工によるポリエステル織物の “有効隙間”の定量化

松 平 光 男・飯 田 博 彦\*

## Quantitative Estimation of “Effective Gap” of Polyester Woven Fabrics Caused by Weight Reduction Treatment in Sodium Hydroxide Solution

Mitsuo MATSUDAIRA and Hirohiko IIDA\*

### Abstract

The “effective gap” caused by weight reduction treatment in sodium hydroxide solution was evaluated quantitatively using polyester woven fabrics with various weave densities. Following conclusions were obtained: (1) The effective gap can be obtained from the retarded strain measured by strip biaxial deformation experiment. (2) The method mentioned above is useful for the sample having large degree of weave crimp in both warp and weft yarns. (3) The effective gap can be calculated easily from the ratio of weight reduction, especially for the sample having small degree of weave crimp. (4) The effect of weave density on the effective gap was not recognized.

### 1. 緒言

昔から絹織物の風合い（手触り，肌触り）は人間にとって最も好ましく，世界中のあらゆる国の人々から愛され続け，各種合成繊維開発の歴史は正に絹織物の風合いを目指した闘いであった，と言っても決して過言ではない<sup>1)</sup>。

絹織物はソフトで滑らかであり，ふくらみを有し，適度のこし（堅さ）を持つことが一般的に知られており，松平も，川端らによって開発された布風合いの客観評価法<sup>2)</sup>を用いて検討し，それらの絹織物の特徴が布の基本力学特性<sup>3,4)</sup>からもたらされていることを今まで明らかにしてきた<sup>5-24)</sup>。その中で，絹織物は製織後のセリシン除去によって，繊維間や糸間に“有効隙間”が発生することを見出し，その定量化に成功している<sup>10,14,16)</sup>。また，ポリエステル織物を絹織物に近づける最も効果的な方法である，アルカリによる減量加工によっても，“有効隙間”が発生することを見出し，その定量化にも成功している<sup>10,14,16)</sup>。

しかしながら，以前の論文では用いた試料数が限られているため，本論文では，糸密度を系統的に変化させた多くのポリエステル試料を用いて，その定量化法の再確認を行い，更に，他の単純で容易な方法を提案し，有効隙間定量化法の限界について考察する。

### 2. 実験

#### 2. 1 試料

用いたポリエステル織物は，テイジン（株）より入手した，たて糸には無撚り（<200t/m）のフィラメント糸，よこ糸には強撚（3500t/m）フィラメント糸を使用した平組織のデシン織物である。たて糸密度は一定（機上：61.8ends/cm）で，よこ糸密度を4種類変化させた（機上：31.4, 33.3, 35.1, 40.0picks/cm）布を，各々アルカリ濃度の異なる（NaOH濃度：110, 140, 170g/l）溶液中で減量加工し，異なった減量率（16.1, 19.2, 27.1%）を示す試料である。仕上げ布状態で調べた，これら試料の詳細を表1

に示す。

## 2. 2 一軸拘束二軸伸張実験

一軸拘束二軸伸張実験においては、織物をたて糸あるいはよこ糸方向に伸張するわけだが、その際伸張方向に垂直な方向の歪みはゼロに拘束される。もし、繊維間や糸間に隙間が存在する場合、たて糸—よこ糸間の交差点における接触は不十分となり、伸張側の力は伸張歪みの増加に従い、遅れることなく出現するが、拘束側の力は、隙間が埋まって無くなるまでは出現しないことになる。それ故、拘束側の遅れ歪みを厳密に測定することにより、繊維間や糸間の有効隙間を求めることが可能となる<sup>10)</sup>。今、図1に示すように、よこ糸方向の歪みを拘束して( $\epsilon_2 = 0$ )、たて糸方向に伸張した場合、伸張側の力( $F_1$ )は歪みゼロから出現しているが、拘束側の力( $F_2$ )は歪みが遅れて出現している。それ故、実験としては、たて方向に伸張したときのよこ方向の遅れ歪み( $=\epsilon_R$ )、及びよこ方向に伸

張したときのたて方向の遅れ歪み( $=\epsilon_R$ )を測定する。

## 3. 理論

### 3. 1 遅れ歪みからの“有効隙間”の算出

平織物中の糸を、図2に示す最も単純な鋸歯モデル<sup>25)</sup>で考えると、一軸拘束二軸伸張実験で求められる有効隙間は次式で与えられる<sup>10)</sup>。

$$\delta_g = H_0 - \sqrt{l_0^2 - (1 + \epsilon_R)^2 \times \frac{y_0^2}{4}} \quad (1)$$

但し、鋸歯モデルにおいては以下の二つを平織物の基本構造定数とする。

$n$ : 変形前の織物の糸密度

$S$ : 糸の織りクリンプ率

これらより、以下の三つの構造定数が定義できる。

$y_0$ : 変形前の糸間隔で $1/n$ で求められる。

但し、求めたい方向に対して直交方向の糸密度を用いる。例えば、 $y_{01} = 1/$

Table 1 Outlines of Polyester Dechine Fabrics

Sample	Weight Reduction (%)	Weave Density		Linear Density		Thickness* (mm)	Mass (g/m <sup>2</sup> )
		Ends/cm	Picks/cm	Warp (D, F)	Weft (D, F)		
A-a	16.1	80.8	36.0	53.5(35)	85.3(35)	0.295	90.7
A-b	19.2	80.6	35.8	50.7(35)	81.6(35)	0.285	88.1
A-c	27.1	80.2	35.5	44.5(35)	72.6(35)	0.282	79.9
B-a	16.1	80.8	37.9	51.5(35)	85.7(35)	0.292	95.0
B-b	19.2	80.2	37.6	51.6(35)	81.4(35)	0.287	91.3
B-c	27.1	80.0	37.6	46.6(35)	73.5(35)	0.283	82.9
C-a	16.1	80.6	40.7	53.8(35)	88.4(35)	0.289	100.1
C-b	19.2	81.5	40.6	51.0(35)	82.6(35)	0.290	96.4
C-c	27.1	79.9	40.1	47.0(35)	75.6(35)	0.285	87.0
D-a	16.1	80.9	42.9	53.4(35)	89.6(35)	0.293	105.0
D-b	19.2	80.6	42.2	51.0(35)	84.0(35)	0.291	100.0
D-c	27.1	80.1	42.2	47.9(35)	76.4(35)	0.288	91.0

\* Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm<sup>2</sup>.

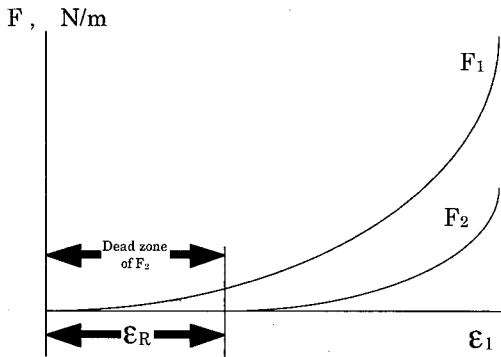
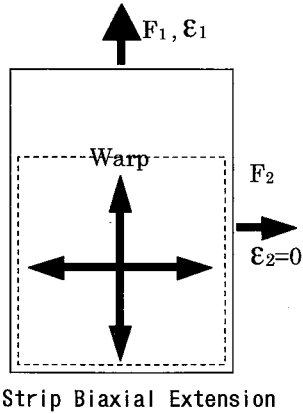


Fig. 1 A deformation mode of strip biaxial extension and the result of a woven fabric having the effective gap.

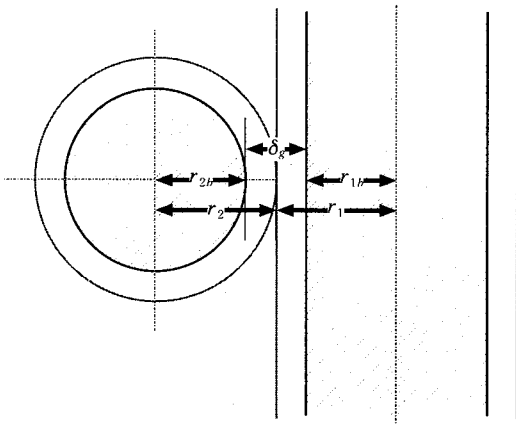


Fig. 3 Change of apparent radius of fiber by weight reduction.

$$n_2, y_{02}=1/n_1$$

$l_0$  : 鋸歯モデルのユニット構造内での糸の長さ ( $=y_0x(S+1)/2$ )

$H_0$  : 変形前の、布の中央線と糸の中央軸との距離 ( $=\sqrt{l_0^2-y_0^2/4}$ )

$\delta_g$  : 有効隙間の大きさ

$\epsilon_R$  : 一軸拘束二軸伸張実験における拘束側の遅れ歪み

### 3. 2 減量率からの“有効隙間”の算出

減量前のポリエステル織物の有効隙間をゼロと考え、アルカリによってポリエステル繊維は均一に表面から溶出し、繊維、糸、及び布構造は減量前と同じ状態を維持し、繊維の太さのみが変化すると仮定する。繊維が細くなることによって生じる繊維間隙間が全て有効隙間になると考えた場合、減量率から有効隙間量を算出で

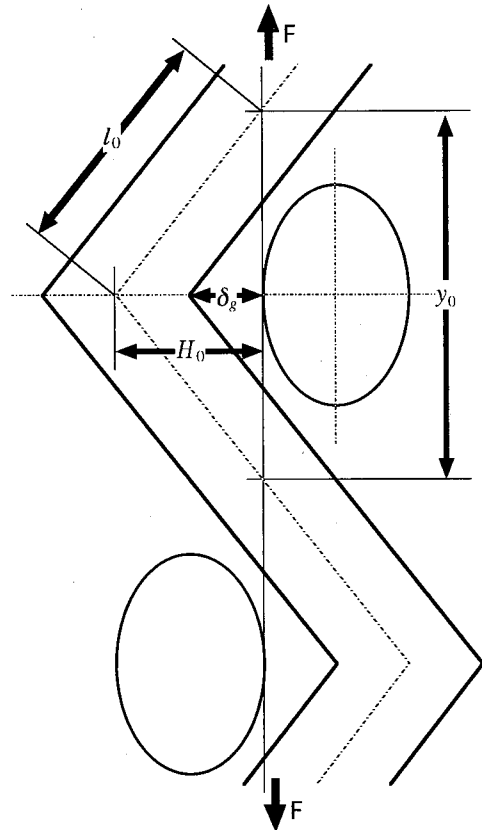


Fig. 2 Simple saw-tooth model of bent yarn having the effective gap.

きる。今、図3に示すように、たて糸の繊維とよこ糸の繊維が共に細くなって両繊維間に隙間が発生すると考えた場合、両繊維間の隙間は、以下の式で算出できる。

$$\begin{aligned}\delta_g &= (r_1 - r_{1b}) + (r_2 - r_{2b}) \\ &= \sqrt{\frac{10^9}{9 \times \rho \times \pi}} \left\{ \sqrt{D_1} - \sqrt{D_1 \left(1 - \frac{\Delta W}{100}\right)} \right. \\ &\quad \left. + \sqrt{D_2} - \sqrt{D_2 \left(1 - \frac{\Delta W}{100}\right)} \right\} \quad (2)\end{aligned}$$

- 但し、 $D_1$  : たて糸の線密度 (denier)  
 $D_2$  : よこ糸の線密度 (denier)  
 $\rho$  : ポリエステルの密度 ( $=1.38 \times 10^{-12} \text{g}/\mu\text{m}^3$ )  
 $\Delta W$  : 減量率 (%)  
 $r_1$  : 減量前の見かけのたて糸の半径  
 $r_{1b}$  : 減量後の見かけのたて糸の半径  
 $r_2$  : 減量前の見かけのよこ糸の半径  
 $r_{2b}$  : 減量後の見かけのよこ糸の半径

#### 4. 結果

一軸拘束二軸伸張実験より求めた遅れ歪みから算出した値、及び減量率より算出した値を比較して、よこ糸密度の同一試料ごとに図4～7に示す。遅れ歪みから求めた値の方が常に減量率より求めた値に比べて小さくなっているが、両者の結果は、ほぼ一致していると言える。特に、減量率の小さな領域で一致性は高く、減量率が大きくなるに従い、両者の差が拡大する傾向にあった。

また、よこ糸密度の大小によって、有効隙間が増減することは無く、よこ糸密度の効果は全く認められなかった。

#### 5. 考察

遅れ歪みから求めた値が減量率から求めた値に比べて小さくなる理由としては、減量によって生じる隙間が全て有効隙間として働いていないためではないかと考えられる。減量率からの

値は、減量によって繊維間の相互の位置関係(構造)が保持されることを仮定しており、実際には、減量によってそれが多少は変化することが予想される。即ち、減量によって繊維間や糸間の構造が若干変化し、発生する隙間も理想よりは小さくなるのであろう。換言すれば、減量によって布は扁平化していることが予想される。それに比べて、遅れ歪みから算出する値は、実際に一軸拘束二軸伸張実験で計測される遅れ歪みであるので、有効隙間の量としてはより正確と考えられる。しかしながら、減量率からの計算は極めて単純であり、第一近似的な有効隙間の予測には極めて有効な方法であると言える。

たて方向の伸張実験に比べてよこ方向の結果が若干小さな隙間量を示した理由は、糸の織りクリンプ率の相違で説明できる。即ち今回の試料は、たて糸の織りクリンプ率(10～20%)がよこ糸のそれ(5～10%)の二倍近い値であり、たて糸方向の伸張特性の方が伸び柔らかく、遅れ歪みも大きくなったためと考えられる。

一軸拘束二軸伸張実験における糸の織りクリンプ率の効果は極めて大きく、例えば、たてよこ糸ともに2～3%程度の織りクリンプを示す別のポリエステル試料で実験したところ、遅れ歪みが小さすぎて(0.1%以下)、有効隙間を求めることができなかった。このような場合には、減量率からの計算の方が有効と考えられるが、扁平化の点を十分考慮する必要がある。それ故、一軸拘束二軸伸張実験による遅れ歪みから有効隙間を求める方法は、たてよこ糸ともに織りクリンプ率の大きい、伸び柔らかい布に限られると思われる。

織りクリンプ率の小さな布は、伸び硬く、伸び歪みも小さく、実験精度も悪くなるため、減量率から算出した値を用いる方が便利であると思われる。

よこ糸密度の効果が全く認められなかったのは、布の構造が各糸密度において最も最適な状態で安定化していることを意味している。

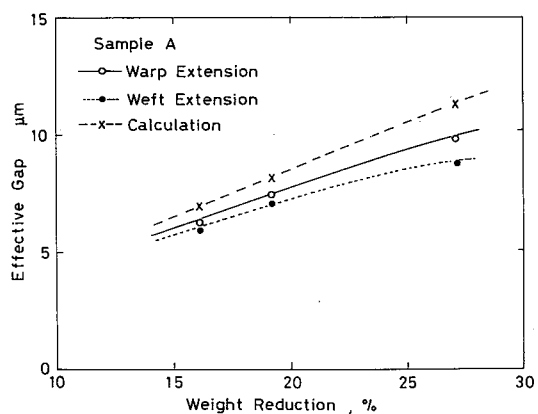


Fig. 4 Dependency of the effective gap of Sample A on weight reduction.

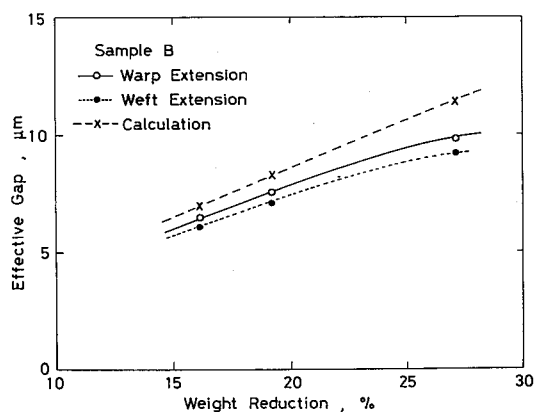


Fig. 5 Dependency of the effective gap of Sample B on weight reduction.

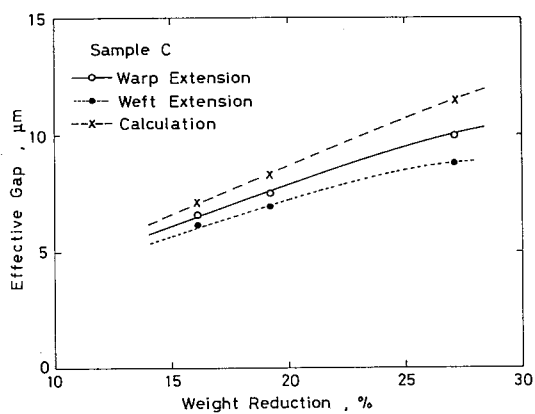


Fig. 6 Dependency of the effective gap of Sample C on weight reduction.

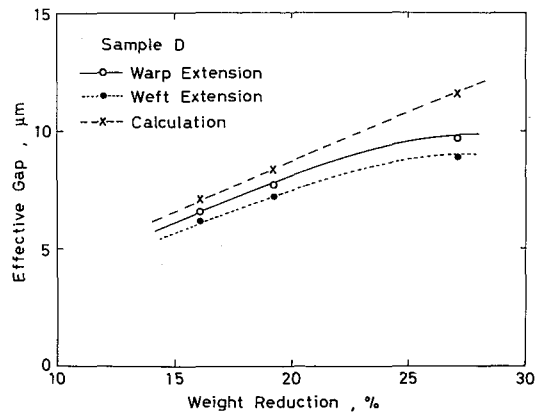


Fig. 7 Dependency of the effective gap of Sample D on weight reduction.

## 6. 結論

ポリエステル織物の減量加工によって発生する有効隙間の定量化法について、糸密度の系統的に異なる試料で再確認し、他の単純な方法と比較検討し、以下の結論を得た。

- (1) 一軸拘束二軸伸張実験で計測される遅れ歪みから、布中の繊維間や糸間の”有効隙間”を定量化可能である。
- (2) 上記の方法は、たて糸及びよこ糸の織りクリンプ率が大きな布に有効である。
- (3) 織りクリンプ率が小さい布の場合、減量率から算出される値の方が有効である。
- (4) よこ糸密度の有効隙間への効果は全く認められない。

## 文献

- 1) 桜田一郎：化学，**24**(5)，406 (1969)。
- 2) 川端季雄：“風合い評価の標準化と解析，第2版”，日本繊維機械学会，大阪，(1980)。
- 3) 川端季雄：繊維学会誌，**25**(5)，191 (1969)。
- 4) 松尾達樹：繊維機械学会論文集，**23**(6)，T134 (1970)。
- 5) M. Matsudaira, S. Kawabata; Proceedings of 1'st Japan-Australia Joint Symposium, Kyoto, The Text. Mach. Soc. Japan, p. 219 (1982)。
- 6) 松平光男，池淵美雪；大阪信愛女学院短期大学紀要，**17**，33 (1983)。
- 7) 松平光男；大阪信愛女学院短期大学紀要，**18**,23 (1984)。
- 8) 松平光男，良本京子；大阪信愛女学院短期大学紀要，**18**，35 (1984)。
- 9) 松平，川端，丹羽雅子；繊維機械学会誌(論文集)，**37**(4)，T49 (1984)。
- 10) M. Matsudaira, S. Kawabata; Proceedings of 3'rd Japan-Australia Joint Symposium, Kyoto, The Text. Mach. Soc. Japan, p. 623 (1985)。
- 11) 松平光男；大阪信愛女学院短期大学紀要，**20**,27 (1986)。
- 12) 松平光男；日本家政学会誌，**38**(5)，393 (1987)。
- 13) Mitsuo Matsudaira；金沢大学教育学部紀要(自然科学編)，**37**,139 (1988)。
- 13) Mitsuo Matsudaira；金沢大学教育学部紀要(自然科学編)，**37**，155 (1988)。
- 14) Mitsuo Matsudaira；京都大学工学博士論文(論工博2185号)，199頁 (1988)。
- 15) M. Matsudaira, S. Kawabata; J. Text. Inst., **79**(3)，458 (1988)。
- 16) M. Matsudaira, S. Kawabata; J. Text. Inst., **79**(3)，476 (1988)。
- 17) M. Matsudaira, S. Kawabata; J. Text. Inst., **79**(3)，490 (1988)。
- 18) 松平光男；繊維機械学会誌(論文集)，**44**(6)，T133 (1991)。
- 19) 松平光男；繊維機械学会誌(論文集)，**44**(1)，T234 (1991)。
- 20) 松平光男；金沢大学教育学部紀要(自然科学編)，**41**，53 (1992)。
- 21) 松平光男；平成2，3年度科学研究費補助金(一般

研究C) 研究成果報告書, 20頁 (1992).

- 22) Mitsuo Matsudaira; J. Text. Inst., **83**(1), 24 (1992).
- 23) M. Matsudaira, M. Matsui; J. Text. Inst., **83**(1), 133 (1992).
- 24) 松平光男: 繊維機械学会誌 (論文集), **45**(8), T115 (1992).
- 25) Frederick Thomas. Peirce; J. Text. Inst., **28**, T45 (1937).

#### 謝辞

二軸引っ張り試験機を拝借した石川県工業試験所繊維部に感謝致します。